

Evaluación de la calidad del agua transecto microcuenca Quebrada La Cabra aplicando macroinvertebrados acuáticos

María de Jesús González Zumbado¹, ,

1. Comisión para la Implementación y Desarrollo de la Cuenca Arenal Tempisque. Alajuela Costa Rica, maria.gonzalez@misalud.go.cr

Recibido:12/05/2022 Aceptado: 19/06/2025

RESUMEN: El manuscrito tiene como **objetivo** analizar la calidad del agua por medio de macroinvertebrados acuáticos para la priorización de medidas de conservación del recurso hídrico. Se utilizó el enfoque cuantitativo, la metodología empleada para el análisis de calidad de agua se basó en el Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales, Decreto N 33903-Minae-S, donde los macroinvertebrados fueron valorados con el índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party) modificado para Costa Rica. El año base presenta agua de mala calidad, muy contaminada relacionada con la carga contaminante de las actividades antropogénicas que se desarrollan en el sector que mejora con la intervención de las medidas de gestión ambiental implementadas al cuerpo de agua. El transecto evaluado de la Quebrada La Cabra registró una significativa mejora en la calidad del agua, pasando de calidad mala a regular con contaminación moderada, incidida por las acciones de gestión implementadas con el programa bandera azul ecológica microcuenca.

Palabras clave: Bioindicadores, Contaminación, Conservación, Agua residual.

ABSTRACT: Objective. Analyze water quality by means of aquatic macroinvertebrates for the prioritization of water resource conservation measures. **Methods:** the quantitative approach was used, the methodology used for the analysis of water quality was based on the Regulation for the evaluation and classification of the quality of surface water bodies, Decree N 33903-Minae-S, the macroinvertebrates were valued with the BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party) index modified for Costa Rica. **Results:** the base year presents poor quality water, highly contaminated related to the contaminant load of anthropogenic activities that take place in the sector that improves with the intervention of environmental management measures implemented in the body of water. **Conclusion:** The evaluated transect of Quebrada La Cabra registered a significant improvement in water quality, going from poor to regular quality with moderate contamination, influenced by the management actions implemented with the micro-basin ecological blue flag program.

Keywords: Bioindicators, Pollution, Wastewater, Conservation, River

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y, con ello, las diferentes actividades antropogénicas generan un impacto ambiental en el recurso hídrico que repercute en la degradación y disminución de su potencial de potabilidad (Abarca, 2017). Un futuro amenazado por la transformación de la naturaleza a manos de un ser humano inconsciente es el presagio de una profunda crisis, los servicios ecosistémicos que brinda la naturaleza son el fundamento básico para la vida y la salud de la población, por lo que la interacción que se disponga entre el ser humano y los recursos naturales limitará su calidad de vida y su preservación (Corvalán, Hales y McMichael, 2018). Los contaminantes de los cuerpos de agua provocan alteraciones en los parámetros fisicoquímicos que influyen en la estructura, composición y distribución de las comunidades de organismos indicadores de calidad del agua (Springer, 2010). Los ecosistemas dulceacuícolas son recursos considerados como perentorios para la calidad de vida, por tanto, es necesario reforzar esfuerzos para la prevención, mitigación y rehabilitación del impacto ambiental que permita la conservación de los recursos naturales.

Evaluar por medio de bioindicadores permite conocer el estado general, lo que conlleva a enfocar las acciones de gestión de cuenca en la protección de los recursos naturales y la salud ambiental (Rodríguez, 2017). Para Meza, Rubio, Díaz y Walteros (2012) evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos implica utilizar las comunidades biológicas como indicadores de las condiciones ambientales, ya que pueden reflejar las condiciones físicas, químicas y biológicas que integran y acumulan los efectos de diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales. Por otra parte, Ladrera (2012) indica que los vertidos puntuales procedentes de núcleos urbanos e industriales siguen provocando un claro impacto en los ecosistemas fluviales y las sustancias tóxicas que llegan al río provocan un impacto sobre la comunidad de macroinvertebrados y la biota en general. Costa Rica comprometida con la sostenibilidad de los recursos naturales prioriza el monitoreo y tratamiento de las aguas residuales, ya que los vertidos pueden debilitar la calidad de vida de la flora y fauna (Arce, 2018).

El Programa Bandera Azul Ecológica categoría microcuenca fue creado en el año dos mil ocho con el objetivo de establecer un incentivo para promover la participación responsable de las personas y las comunidades en la conservación, restauración y protección de las microcuencas del país. Así como, sensibilizar a la comunidad sobre el valor de las microcuencas, caracterizar a nivel biológico las condiciones del cuerpo de agua, mejorar la gestión de los residuos sólidos, promover prácticas sostenibles de uso de suelo y fortalecer la gestión y participación ciudadana. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016).

La Quebrada La Cabra fue inscrita en el Programa Bandera Azul Ecológica Microcuenca en el año dos mil dieciséis por el Equipo Técnico de Gestión de Residuos Sólidos de Tilarán (GIRS) con el propósito de enfocar los esfuerzos institucionales en la gestión eficiente de la microcuenca. Durante los años las actividades se ajustaron al modelo de responsabilidad compartida institucional y participación ciudadana logrando al año dos mil diecinueve el galardón con seis estrellas, cinco blancas y una plateada. La gestión de cuenca implica realizar un diagnóstico biológico del agua, identificar los riesgos ambientales del sector, fortalecer la participación ciudadana para proteger la cuenca, realizar campañas de limpieza, separar y disponer de forma eficiente los residuos. Así como, promover en la comunidad la importancia de mantener una buena calidad de agua en las cuencas, promocionar prácticas sostenibles del uso del suelo, desarrollar actividades de reforestación y demostrar una mejora en la calidad del agua.

El agua es un recurso fundamental para la vida, forma parte de la estructura orgánico molecular de los seres vivos y participa en innumerables procesos y reacciones físicas, químicas y biológicas que condicionan la existencia y permanencia en el tiempo (Abarca, 2017). Por lo que el objetivo de la investigación es analizar la calidad del agua por medio de macroinvertebrados acuáticos para la priorización de medidas de conservación del recurso hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio. El área de estudio se ubica en la provincia Guanacaste, cantón Tilarán, distrito Tilarán, coordenadas geográficas punto de inicio E 394975.1 - N 1156710.7 y punto final del transecto E 393885.7 - N 1157044.1, registra una altitud promedio de 397 m.s.n.m. En la Figura 01 se muestra el transecto inscrito en el Programa Bandera Azul Ecológica que forma parte de la microcuenca urbana, sobre el cual se llevó a cabo el estudio. La Figura 02 muestra un sitio representativo dentro de la Microcuenca Quebrada La Cebra, sector Barrio Lomas del Carmen de Tilarán.

Figura. 1 Detalle de transecto inscrito en el Programa Bandera Azul Ecológica microcuenca urbana

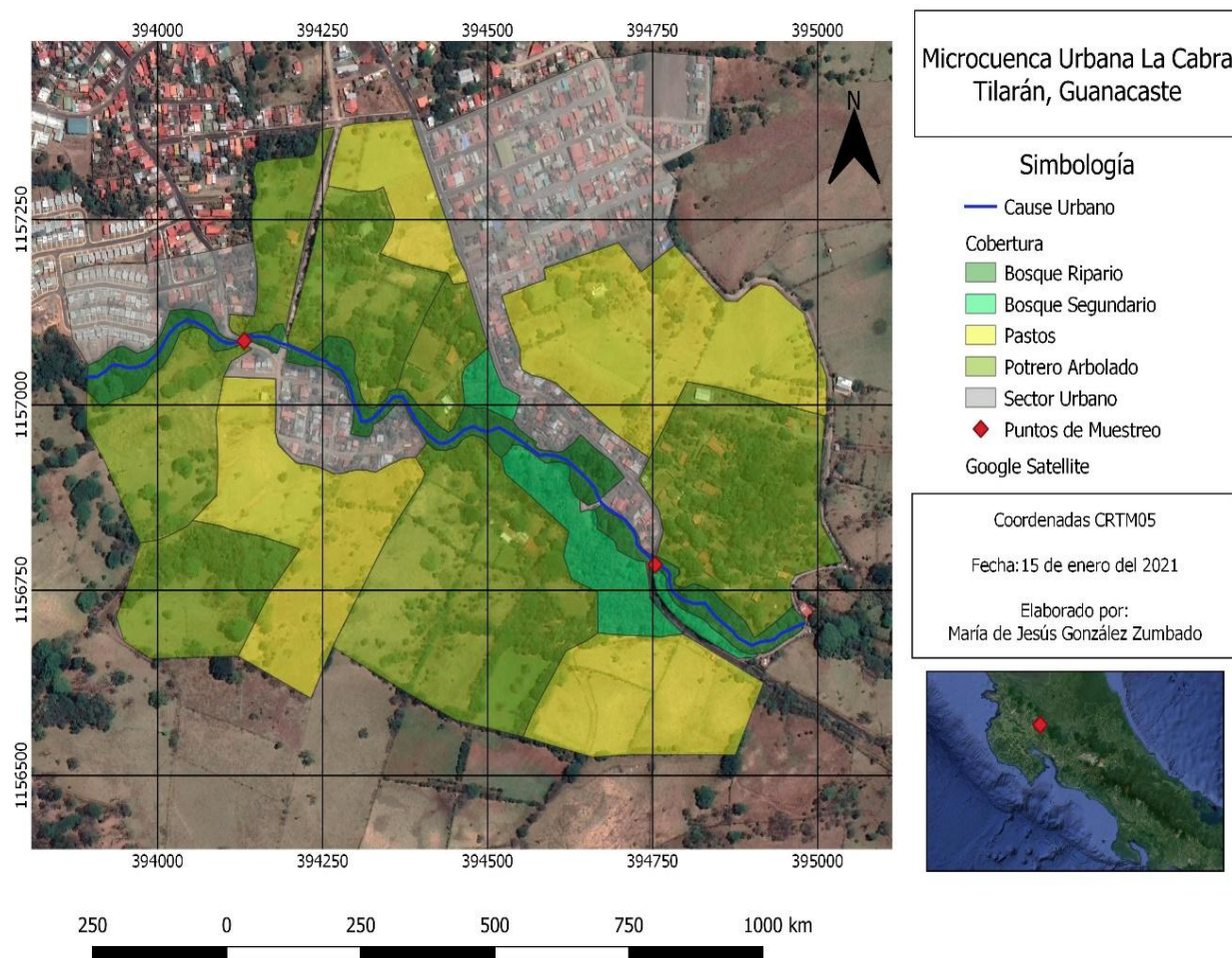
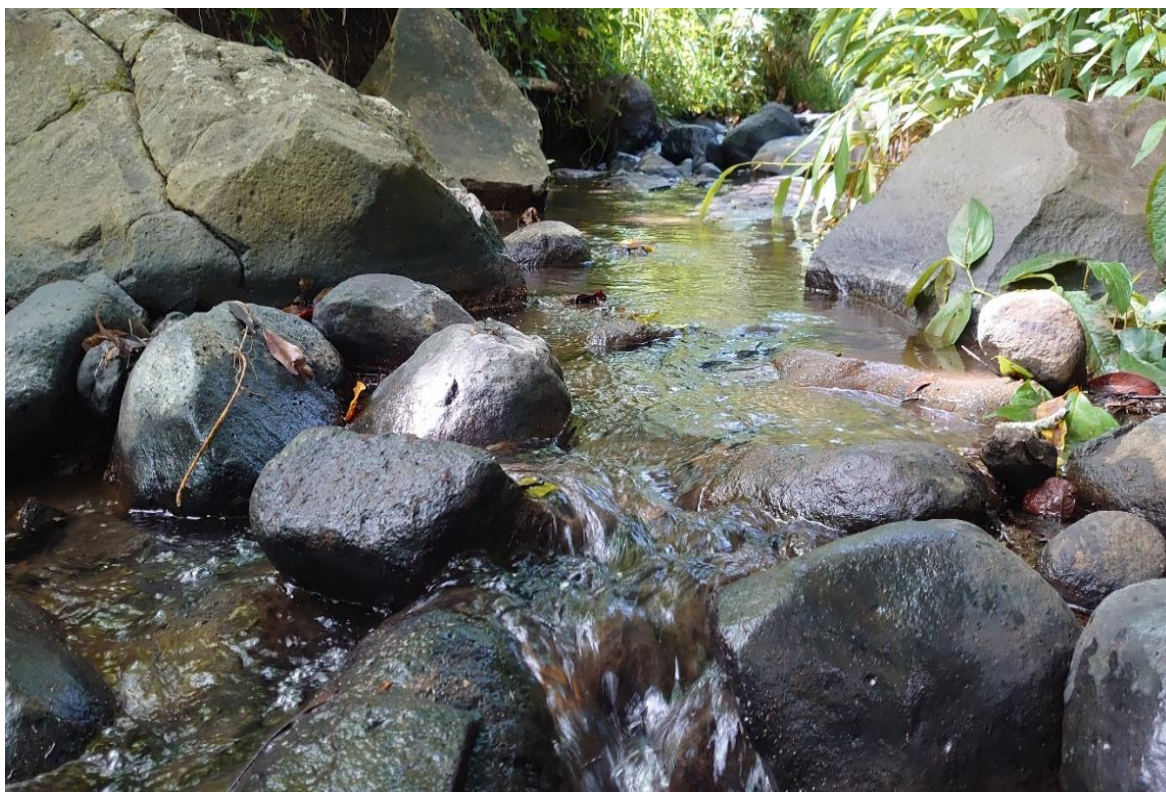


Figura. 2 Microcuenca Quebrada La Cabra sector Barrio Lomas del Carmen.



Colecta de macroinvertebrados. En la presente investigación se utilizó el enfoque cuantitativo, la metodología empleada para el análisis de calidad de agua se basó en el Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales, Decreto N 33903-Minae-S, que establece tomar en consideración los componentes fisicoquímicos y biológicos (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2007). Los macroinvertebrados fueron valorados con el índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party) modificado para Costa Rica, como lo detalla el cuadro 1.

CUADRO 1 . Nivel de calidad del agua BMWP-CR

Nivel de calidad	BMWP-CR	Color
Agua de calidad excelente no alterada	≥ 120	Azul
Agua de calidad no contaminada o alterada de manera sensible	101-120	Celeste
Agua de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100	Verde
Agua de calidad mala, contaminada	36-60	Amarillo
Agua de calidad mala, muy contaminada	16-35	Naranja
Agua de calidad muy mala, extremadamente contaminada	≤ 15	Rojo

Fuente de datos Springer (2010)

Dicha metodología combina el número de taxones totales con un valor de tolerancia/intolerancia, en este caso el nivel taxonómico es el de familia y el valor final se obtiene de una sumatoria de los valores de intolerancia de cada una de las familias, que van de 0 a 10. El índice incrementa en la medida que existan más familias intolerantes, aunque pueden darse valores altos al registrarse muchas familias de puntuación intermedia (Rodríguez, 2017).

La colecta de macroinvertebrados fue realizada por el Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, en dos puntos de muestreo, en dos periodos hidrológicos seco y lluvioso. Para la recolección se utilizó una red con malla ubicada en sentido contrario a la corriente utilizando los puntos de inicio y final del transecto, removiendo sedimento y hojarasca del cuerpo de agua.

Análisis de datos. Los parámetros fisicoquímicos y biológicos fueron captados y analizados por el Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Se utilizó Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, estimando los valores promedio, máximo, mínimo y la desviación estándar en cada punto de muestreo.

RESULTADOS

Los resultados de la caracterización biológica se detallan en el Cuadro 2. En periodo seco se recolectaron 107 individuos de 25 familias y en época lluviosa 50 individuos de 18 familias, en el año 2017 se registró un índice BMWP-CR equivalente a 18, lo que indicaba agua de calidad mala, muy contaminada (naranja). Una vez iniciadas las acciones de gestión ambiental de la cuenca, en los años 2018, 2019, 2020 y 2021 se obtuvo un índice BMWP-CR de 61, 78, 69 y 85, respectivamente, que indican agua de calidad regular con contaminación moderada (verde), como lo detalla la Figura 3.

CUADRO 2. Conteo de macroinvertebrados en la microcuenca urbana La Cabra, Tilarán

Clase	Orden	Familia	Periodo lluvioso		Periodo seco				Periodo lluvioso		Periodo seco	
			Año 2017		Año 2018		Año 2019		Año 2020		Año 2021	
			BMW P-CR	A b	BMW P-CR	Ab	BMW P-CR	Ab	BMW P-CR	Ab	BMW P-CR	Ab
Insecta	Diptera	Chironomidae	2	1								
	Diptera	Tipulidae	4	1								
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	5	2								
	Odonata	Libellulidae	6	1								
Oligocharia	Lumbriculida	Lumbriculidae	1	1								
	Diptera	Chironomidae			2	1						
	Diptera	Psychodidae			3	3						
	Hemiptera	Mesovellidae			4	2						
	Hemiptera	Vellidae			0	1						
	Ephemeroptera	Leptohyphidae			5	1						
	Odonata	Libellulidae			6	1						
	Odonata	Coenagrionidae			4	3						
	Odonata	Gomphidae			7	2						
	Coleoptera	Elmidae			5	1						
	Coleoptera	Hydrophilidae			3	1						
	Coleoptera	Staphylidae			4	1						
	Trichoptera	Leptoceridae			8	1						

	Trichoptera	Hydropsychidae			5	1						
	Lepidoptera	Crambidae			5	1						
Entognatha	Collembola	Ni			0	1						
Insecta	Odonata	Libellulidae					6	1				
	Diptera	Tipulidae					4	3				
	Diptera	Chironomidae					2	5				
	Ephemeroptera	Batidae					5	1				
	Plecoptera	Perlidae					9	6				
	Trichoptera	Hydrobiosidae					9	3				
	Trichoptera	Hydropsychidae					5	5				
	Trichoptera	Philopotamidae					7					
	Blattodea	Blaberidae					8	2				
	Coleoptera	Ptilodactylidae					7	1				
	Coleoptera	Elmidae					5	6				
Crustacea	Decapoda	Pseudothelphusidae					5	1				
Insecta	Megaloptera	Corydalidae					6	4				
	Odonata	Gomphidae							7	1		
	Odonata	Libellulidae							6	2		
	Odonata	Coenagrionidae							4	1		
	Diptera	Stratiomyidae							4	1		
	Diptera	Chironomidae							2	4		
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae							8	3		
	Trichoptera	Hydrobiosidae							9	5		
	Trichoptera	Leptoceridae							8	10		
	Trichoptera	Hydropsychidae							5	4		
	Coleoptera	Ptilodactylidae							7	5		
	Coleoptera	Elmidae							5	7		
	Hemiptera	Naucoridae							4	1		
Insecta	Odonata	Calopterygidae									4	1
	Diptera	Simuliidae									4	4
	Diptera	Tipulidae									4	3
	Diptera	Empididae									4	1
	Diptera	Psychodidae									3	1
	Diptera	Chironomidae									2	7
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae									8	5
	Ephemeroptera	Batidae									5	2
	Plecoptera	Perlidae									9	1
	Trichoptera	Leptoceridae									8	1
	Trichoptera	Philopotamidae									7	4
	Trichoptera	Hydrobiosidae									5	8
	Coleoptera	Ptilodactylidae									7	3
	Coleoptera	Elmidae									5	1
	Megaloptera	Corydalidae									6	1
	Hemiptera	Naucoridae									4	2
Total BMWP-CR			18	6	61	21	78	41	69	44	85	45

Fuente de datos Quirós (2021)

La Figura 4 indica que en el transecto inscrito en el programa bandera azul ecológica categoría microcuenca se recolectaron un total de 157 individuos de macroinvertebrados de los cuales los órdenes más abundantes tanto en época lluviosa como época seca fueron Trichoptera, Diptera y Coleoptera. Lo que coincide con Robles (2020) donde una mayor abundancia de Trichoptera y Coleoptera fue captada en las zonas de la quebrada con mayor cobertura de bosque en galería.

Figura. 3 Índice BMWP-CR Quebrada La Cabra, Tilarán, Guanacaste

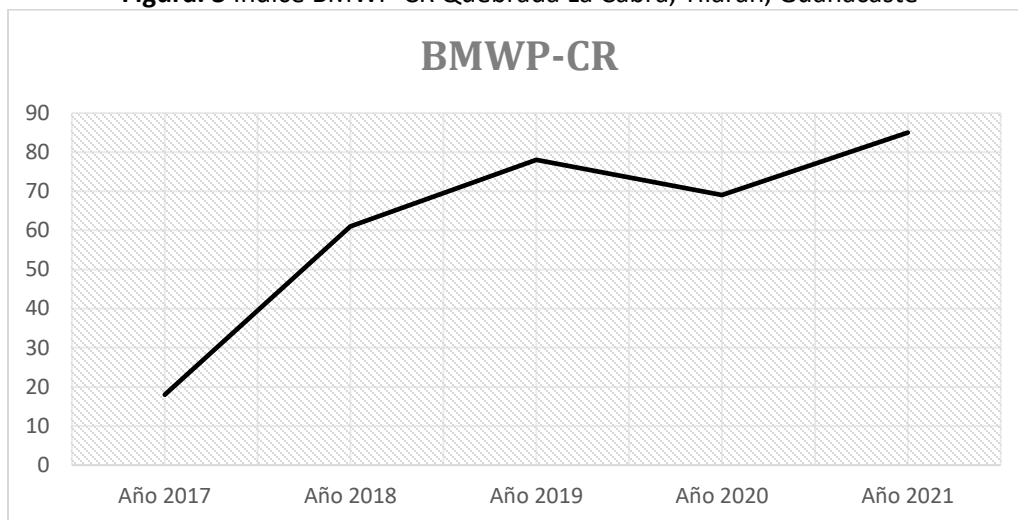
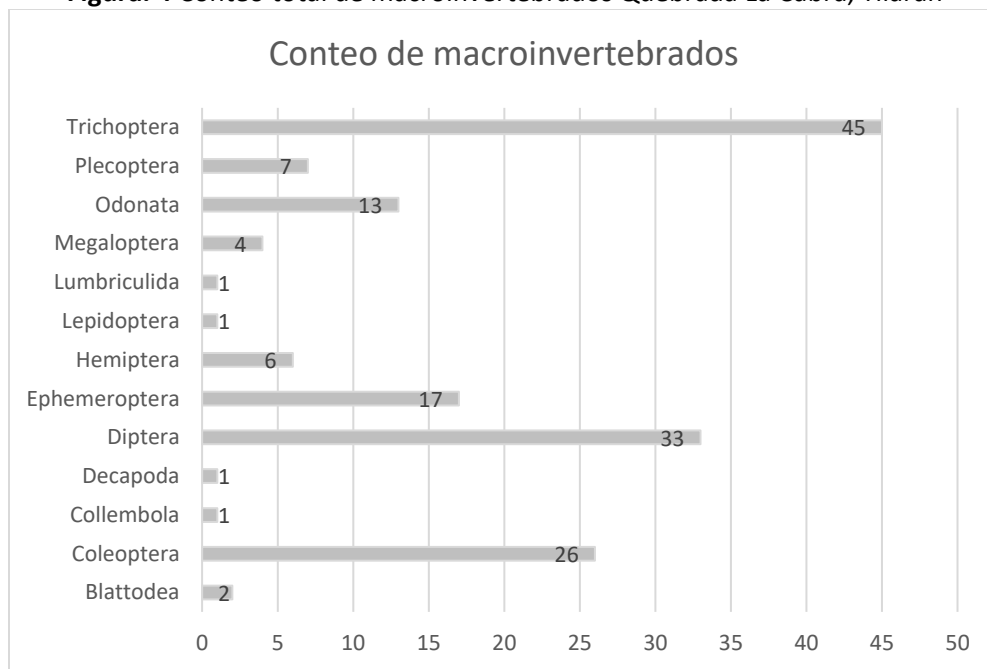


Figura. 4 Conteo total de macroinvertebrados Quebrada La Cabra, Tilarán



Se determinó que, durante los años 2017 y 2018 el parámetro Turbiedad no se ubicaba dentro del valor admisible. Los años que se ejecutaron acciones del programa, es decir del 2019 al 2021, los parámetros evaluados color aparente, conductividad, olor, pH, temperatura y turbiedad se mantuvieron dentro de los valores admisibles para clase dos en la clasificación de los cuerpos de agua, según el uso potencial y tratamiento requerido, como lo representa el Cuadro 3.

CUADRO 3. Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetro	Unidades	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Admisible Clase 2
Color aparente	UPt-Co	62	126	5	10	17	≤100
Conductividad	μS/cm	146	190	206	198	187	≤300
Olor		A	No A	A	A	A	A= Aceptable
pH		7,37	7,25	7,61	6,88	7,04	6,5 – 8,5
Temperatura	°C	24,5	24,4	25,0	24,5	24,4	26,0
Turbiedad	UNT	37,5	66,0	1,16	1,40	1,66	≤25

Fuente de datos Urbina (2021)

En el Cuadro 4 se muestra como los datos de los años 2019 y 2020 denotan una reducción considerable del parámetro complementario coliformes fecales que ubica la calidad del agua superficial en clase dos. Lo que evidencia una mejora significativa de sanidad ambiental.

CUADRO 4. Análisis de parámetros biológicos

Parámetro	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Admisible Clase 2
Coliformes Fecales (NMP*100 ml ⁻¹)	4300	24000	410	170	780	20-1000

Fuente de datos Urbina (2021)

DISCUSIÓN

La mejora en los parámetros y el conteo de macroinvertebrados durante los años de gestión del programa bandera azul ecológica ubicaron en el año 2021 la calidad del cuerpo de agua superficial en Clase 2. Lo que incide positivamente en la salud pública y el ecosistema, elementos imprescindibles para alcanzar el desarrollo sostenible.

El uso que se puede dar al cuerpo de agua según el Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales, decreto N 33903-MINAE-S, artículo siete, son abastecimiento de para uso y consumo humano (con tratamiento convencional), abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano (con tratamiento convencional), abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias (sin limitaciones). Así como, actividades recreativas de contacto primario, acuicultura, fuente para la protección de las comunidades acuáticas, generación hidroeléctrica, riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras y riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara.

Las acciones implementadas con impacto directo como las campañas de limpieza en el cauce, las acciones de rectoría para corregir los vertidos crudos al agua y las campañas de reforestación en las zonas de influencia tienen un efecto directo en las comunidades de macroinvertebrados de la quebrada. Evidenciando la necesidad de mantener las estrategias para recuperar y conservar la biodiversidad como medio para asegurar la una mejor calidad de vida a los habitantes del cantón.

Con base en las muestras de los organismos recolectados se evidencia que el año base presenta agua de mala calidad, muy contaminada relacionada con la carga contaminante de las actividades antropogénicas que se desarrollan en el sector. El transecto evaluado de la Quebrada La Cabra registró una significativa mejora en la calidad del agua, pasando a calidad regular con contaminación moderada incidida por las acciones de gestión implementadas con el programa bandera azul ecológica.

Se evidenció una influencia positiva en las comunidades de macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas de calidad de agua superficial cuando se ejecutan actividades de impacto directo en el cauce. Esto revela que la participación comunitaria con estrategias para minimizar el impacto ambiental es un factor determinante para fomentar la estructura y establecimiento de comunidades acuáticas.

Se recomienda ampliar el transecto inscrito en el Programa Bandera Azul Ecológica Microcuenca involucrando mayor participación ciudadana. Así como, priorizar el componente de educación ambiental durante el desarrollo de proyectos para concientizar sobre el desarrollo sustentable de la comunidad.

REFERENCIAS

- Abarca, H. (2017). Uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. *Revista Biocenosis*, 20, 1-2.
- Arce, A. (2018). Utilización de los macroinvertebrados para la determinación de la calidad del agua, ubicada en cinco cuencas en el Corredor Biológico Garcimuñoz [Tesis de grado, Universidad Técnica Nacional].
- Corvalán, C., Hales, S. y McMichael, A. (2018). Ecosistemas y bienestar humano. Organización Mundial de la Salud.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). Manual de procedimientos galardón microcuencas. Programa Bandera Azul Ecológica.
- Ladrera, R. (2012, agosto). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Revista Páginas de Información Ambiental*, 39, 24-29.
- Meza, S., Rubio, M., Díaz, G. y M-Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Revista Caldasia*, 34(2), 443-456. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39163>
- Quirós, J. (2021). *Análisis de muestra microcuenca urbana La Cabra, Tilarán 2017-2018-2019-2020-2021*. Laboratorio Nacional de Aguas, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado.

Robles, J. (2020). Índice de calidad de agua superficial Quebrada La Cabra Tilarán. National Sanitation Foundation (NSF-WQI).

Rodríguez, A. (2017). Evaluación de la calidad del agua con la metodología macroinvertebrados en la microcuenca Río La Paz, San Ramón, Costa Rica [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].

Rodríguez, C. (2017). Plan de rehabilitación ecológica, manejo y conservación de los humedales de la quebrada El Estero, San Ramón, Alajuela [Tesis doctoral, Instituto Tecnológico de Costa Rica].

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2007). Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=61013&nValor3=69088&strTipM=TC

Springer, M. (2010). Biomonitoring acuático. Revista Biología Tropical, 58(4), 53-59.

Urbina, A. (2021). Análisis de muestra microcuenca urbana La Cabra, Tilarán 2017-2018-2019-2020-2021. Laboratorio Nacional de Aguas, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado.